

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-202942

(43)Date of publication of application : 05.08.1997

(51)Int.Cl. C22C 38/00
C21D 8/06
C21D 9/52
C22C 38/44
C22C 38/50

(21)Application number : 08-010475

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP
TOKYO SEIKO CO LTD

(22)Date of filing : 24.01.1996

(72)Inventor : TAKANO KOJI
ARAKI SATOSHI
MURATA WATARU
KANDA KOJI
MURAKAMI TAKUYA

(54) HIGH STRENGTH STAINLESS STEEL WIRE ROPE EXCELLENT IN FATIGUE RESISTANCE AND CORROSION RESISTANCE AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a wire rope having respectively specified average crystalline grain size in cross-sectional direction and tensile strength by specifying the composition and manufacturing method of a stainless steel wire rope, respectively.

SOLUTION: A wire rod, in as-hot-rolled state or after heat treatment, having a composition which consists of, by weight, $\leq 0.12\%$ C, $0.1-1.5\%$ Si, $0.1-1.5\%$ Mn, $\leq 0.03\%$ P, $\leq 0.01\%$ S, $3.5-8.0\%$ Ni, $20.0-28.0\%$ Cr, $0.1-3.0\%$ Mo, $0.10-0.30\%$ N, and the balance Fe and in which the value of G1, represented by the equation, $G1=0.67Ni+20C+20N+0.34Mn+0.4Cr+0.4Mo+0.6Si+3$, is regulated to -1 to $2(\%)$ is used. This wire rod is subjected to wire drawing at $\geq 50\%$ reduction of area, to heat treatment at $1,000-1,150^{\circ}\text{C}$, successively to wire drawing at $80-95\%$ reduction of area, and then to stranding. By this method, the wire rope, having $\leq 5\mu$ average crystalline grain size in cross-sectional direction and $\geq 1,500\text{N/mm}^2$ tensile strength, can be obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-202942

(43) 公開日 平成9年(1997)8月5日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 2		C 2 2 C 38/00	3 0 2 H
C 2 1 D 8/06		9270-4K	C 2 1 D 8/06	B
9/52	1 0 3		9/52	1 0 3 B
C 2 2 C 38/44			C 2 2 C 38/44	
38/50			38/50	

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-10475

(22) 出願日 平成8年(1996)1月24日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(71) 出願人 000003528

東京製鋼株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目3番14号

(72) 発明者 高野 光司

山口県光市大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社光製鐵所内

(72) 発明者 荒木 敏

山口県光市大字島田3434番地 新日本製鐵株式会社光製鐵所内

(74) 代理人 弁理士 田村 弘明 (外1名)

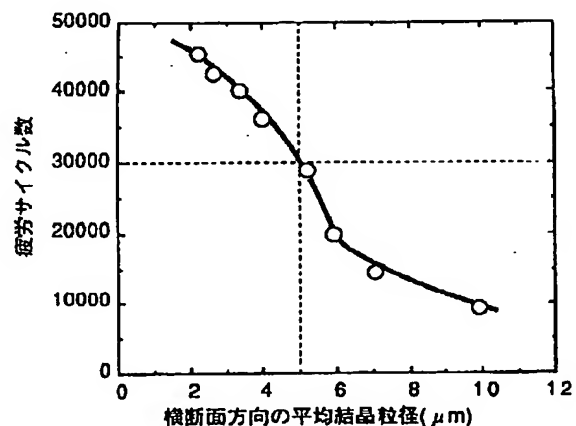
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐疲労性・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、耐疲労性、耐食性にすぐれた高強度ステンレス鋼ワイヤロープを提供する。

【解決手段】 重量%で、C:0.12%以下、Si:0.1%~1.5%、Mn:0.1%~1.5%、P:0.03%以下、S:0.01%以下、Ni:3.5%~8.0%、Cr:20.0%~28.0%、Mo:0.1%~3.0%、N:0.10%~0.30%を含有し、G Iの値が-1~2(%)で残部が実質的にFeおよび不可避免の不純物からなる合金組成で、横断面方向の平均結晶粒径が5 μ m以下であり、引張強さが1500N/mm²以上であることを特徴とする耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープ。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、

C : 0.12%以下、

Si : 0.1%~1.5%、

Mn : 0.1%~1.5%、

P : 0.03%以下、

S : 0.01%以下、

Ni : 3.5%~8.0%、

Cr : 2.0.0%~28.0%、

*

$$G1 = 0.67Ni + 20C + 20N + 0.34Mn - 0.4Cr$$

$$- 0.4Mo - 0.6Si + 3 \dots \dots \dots (1)$$

【請求項2】 請求項1記載の成分に、さらに重量%で、

Nb : 0.05%~0.50%、

Ti : 0.05%~0.50%のうち1種または2種を※

$$G2 = 0.67Ni + 20C + 20N + 0.34Mn - 0.4Cr$$

$$- 0.4Mo - 0.6Si - 0.9Ti - 0.1Nb + 3 \dots \dots (2)$$

【請求項3】 請求項1或いは2記載の成分に、さらに重量%で、

Al : 0.01%以下、

Ca : 0.001%~0.004%

を含有し、鋼線の横断面方向の介在物の大きさが20 μm以下であることを特徴とする請求項1或いは2記載の耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレス鋼ワイヤロープ。

【請求項4】 請求項1、2または3の何れかに記載の成分を有する熱間圧延のまま或いは熱処理後の線材を、減面率で50%以上の伸線加工を施し、その後、100℃~1150℃の温度で熱処理後、引き続き、減面率で80%~95%の伸線加工を施し、その後ストランドニングおよびクロージングの撚り線加工を施すことを特徴とする耐疲労性・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープの製造方法。

【請求項5】 請求項4記載のワイヤロープに、さらに200~400℃の時効処理を施すことを特徴とする耐疲労性・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は耐疲労性、耐食性を必要とする用途に使用される高強度ステンレス鋼ワイヤロープに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、メンテナンスフリーの観点から水門用やエレベータ用等の高強度ワイヤロープの高耐食性化の要求が高まってきた。すなわち、過酷な環境でも錆びにくいようにSUS304並以上の耐食性が要求されるようになってきた。また、この種の高強度ワイヤロープは長期間使用しても破損しないために高炭素鋼ロープと同等の耐疲労性が要求される。

*Mo : 0.1%~3.0%、

N : 0.10%~0.30%

を含有し、下記式(1)で表されるG1の値が-1~2(%)で残部が実質的にFeおよび不可避免的不純物からなる合金組成で、横断面方向の平均結晶粒径が5 μm以下であり、引張強さが1500 N/mm²以上であることを特徴とする耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープ。

※含有し、下記式(2)で表されるG2の値が-1~2

(%)で、鋼線の横断面方向の平均結晶粒径が3 μm未満であることを特徴とする請求項1記載の耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープ。

20

【0003】従来、高強度のワイヤロープに高炭素鋼のパーライト鋼が使用されてきた。しかし、耐食性が悪いばかりか、耐食性・耐疲労性のため表面に油を塗布しており、環境汚染も引き起こしてきた。そのため、高耐食性の観点からSUS304、SUS316等の伸線加工されたオーステナイト系ステンレス鋼ワイヤロープの使用が検討されてきた。しかし、オーステナイト系ステンレス鋼ワイヤロープは長期間使用すると、繰返し疲労による早期破断が発生する問題があり、用途が制限されている。

30

【0004】一方、近年、2相ステンレス鋼の疲労強度について、2相組織による結晶粒の微細化、2相組織の硬質相の増加、2相の耐力比の増大により耐疲労性を向上することが提案されている(友田陽ら：鉄と鋼、第63号(1977)、第6号、P64)。また、一般に鋼の高強度化により耐疲労性が向上されることが知られている(例えば、岡栄一ら：製鉄研究、第320号(1986年)、P28)。さらに、伸線加工により高強度化された2相ステンレス鋼線の耐疲労性が伸線加工により高強度化されたオーステナイト系ステンレス鋼線より優れていることが確認されている(児玉勝ら：ばね論文集、第37号(1992年)、P1)。

40

【0005】そこで、最近、この2相ステンレス鋼の耐疲労性に注目して、2相ステンレス鋼線の伸線材のワイヤロープへの適用を提案している(特開平6-287714号公報)。しかし、この2相ステンレス鋼ロープは高炭素鋼ワイヤロープに対し、引張強さが低いという欠点があり、耐疲労性を落とすこと無く、高強度化させることが要求されている。すなわち、従来の2相ステンレス鋼のレベルである1500 N/mm²以上、好ましくは高炭素鋼並以上の1700 N/mm²以上が要求されている。

50

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記課題を解決するものであり、耐疲労性、耐食性を必要とする用途に使用される高強度ステンレス鋼ワイヤロープおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

*

(1) C : 0.12%以下、
Mn : 0.1%~1.5%、
S : 0.01%以下、
Cr : 20.0%~28.0%、
N : 0.10%~0.30%

Si : 0.1%~1.5%、
P : 0.03%以下、
Ni : 3.5%~8.0%、
Mo : 0.1%~3.0%、

を含有し、下記式(1)で表されるG1の値が-1~2(%)で残部が実質的にFeおよび不可避的不純物からなる合金組成で、横断面方向の平均結晶粒径が5μm以※

※下であり、引張強さが1500N/mm²以上になると耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープが得られることを見いだした。

$$G1 = 0.67Ni + 20C + 20N + 0.34Mn - 0.4Cr - 0.4Mo - 0.6Si + 3 \dots \dots \dots (1)$$

【0008】(2) 上記(1)記載の成分に、さらに重量%★ ★で、

Nb : 0.05%~0.50%、 Ti : 0.05%~0.50%

のうち1種または2種を含有し、下記式(2)で表されるG2の値が-1~2(%)で、鋼線の横断面方向の平☆

☆均結晶粒径が3μm未満であるとさらに、耐疲労、強度が向上することを見いだした。

$$G2 = 0.67Ni + 20C + 20N + 0.34Mn - 0.4Cr - 0.4Mo - 0.6Si - 0.9Ti - 0.1Nb + 3 \dots \dots (2)$$

【0009】(3) 上記(1) 或いは(2) 記載の成分に、さ◆ ◆らに重量%で、

Al : 0.01%以下、 Ca : 0.001%~0.004%

を含有し、鋼線の横断面方向の介在物の大きさを20μm以下に抑制するとさらに、耐疲労性が向上することを見いだした。

微細化させるが、1回目の伸線加工で減面率が50%未満であると熱処理時の再結晶粒が粗大になり、最終製品のワイヤロープの横断面方向の結晶粒が5μm超になる。この最終製品のワイヤロープの横断面方向の結晶粒径と耐疲労性の関係を図1に示す。このワイヤロープは0.03C-0.4Si-1.0Mn-5.7Ni-20.5Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分としたステンレス鋼線材を10~85%のトータル減面率で伸線加工を施し、続いて焼鈍炉にて1050℃の温度で5分間の連続焼鈍を施し、その後、85%の減面率で伸線加工を施し、続いて、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を施した。ワイヤロープ中の横断面方向の結晶粒径が5μm超になると、耐疲労性であるS曲げ(D/d=20, SF=6)での寿命までの回数が30000回未満となる。そのため、1回目の伸線加工での減面率を50%以上に限定した。

【0010】(4) また、上記(1)、(2) 或いは(3) 記載の成分を有する熱間線材圧延のまま或いは熱処理後の線材を、トータル減面率で50%以上の伸線加工を施し、その後、1000℃~1150℃の温度で熱処理後、引き続き、減面率で80%~95%の伸線加工を施し、その後、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を施すと耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープが得られ、さらに、必要に応じて200~400℃の時効処理を施すと耐疲労性と強度がさらに向上することを見いだした。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、ワイヤロープの耐疲労性、耐食性と高強度化の3特性を同時に満たすことを目的とし、2相ステンレス鋼線の成分、伸線加工および熱処理の最適化を行っている。すなわち、加工硬化、最適な相分率、結晶粒微細化、各相の耐力比の増大を図っている。また、第3の硬質相を導入し、結晶粒微細化を促進させ、高耐疲労性、高強度化を図り、さらに、介在物の形態を抑制することで、耐疲労性の向上を図っている。よって以下の条件に限定した。

【0012】最初に、本発明の製造方法の限定理由を以下に述べる。本発明は、請求項1~3記載の成分の線材に1回目の冷間伸線加工と熱処理を施し、その後、2回目の冷間伸線加工を行い、鋼線の横断面方向の結晶粒を

40 【0013】また、その後の熱処理で熱処理温度が1000℃未満であるとσ相が析出し、韌性を低下させ、伸線性を悪くさせるばかりか、耐疲労性を低下させる。逆に熱処理温度が1150℃超になると最終製品のワイヤロープの横断面方向の結晶粒が粗大化し、5μm超になり、耐疲労性が劣化する。そのため、熱処理温度を1000℃以上、1150℃以下に限定した。

【0014】熱処理後、高強度化および高耐疲労性のため2回目の伸線加工を行う。この伸線加工での減面率とワイヤロープの強度の関係を図2に示す。このワイヤロープは0.03C-0.4Si-1.0Mn-5.7N

i-20.5Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分としたステンレス鋼線材を60%の減面率で伸線加工を施し、続いて焼鈍炉にて1050℃の温度で5分間の連続焼鈍を施した。その後、0~90%のトータル減面率で伸線加工を施し、続いて、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を施した。伸線加工の減面率が80%未満ではワイヤロープの引張強さが1500N/mm²未満となる。そのため2回目の伸線加工での減面率を80%以上に限定した。

【0015】しかし、伸線加工の減面率が95%超になると、図3に示すように伸線後の鋼線の引張破断伸びが急激に低下し、靱性が劣化する。そのため、図4に示すようにワイヤロープの耐疲労性であるS曲げ(D/d=20, SF=6)での寿命までの回数が3000回未満と劣化する。この図3、4の鋼線およびワイヤロープは0.03C-0.4Si-1.0Mn-5.7Ni-20.5Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分としたステンレス鋼線材を60%の減面率で伸線加工を施し、続いて焼鈍炉にて1050℃の温度で5分間の連続焼鈍を施した。その後、80~99%の減面率で伸線加工を施し、図4のワイヤロープは続いて、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を施した。従って、2回目の伸線加工率の上限を95%に限定した。

【0016】さらに、その後、必要に応じて本発明の成分系で時効処理を行う。本発明成分でのオーステナイト相にはNが多く含有されているため、この時効処理でワイヤロープ中のオーステナイト相の高強度化によりオーステナイト相とフェライト相の耐力比の増大が起こり、耐疲労性は急激に向上する。しかし、200℃未満および400℃超ではこの時効処理の効果が少ないため時効温度の範囲を200~400℃に限定した。

【0017】次に、本発明の成分の限定理由を述べる。G1, G2は本発明方法により各成分の2相ステンレス鋼線材を60%の減面率で伸線加工を施し、続いて焼鈍炉にて1050℃の温度で5分間の連続焼鈍を施し、その後、85%の減面率で伸線加工を施し、続いて、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工したワイヤロープのオーステナイト相の量、引張強さおよび横断面方向の平均結晶粒の関係に対する各種元素の影響を調査した結果得られたものである。C, N, Ni, Mn, Cr, Si, Mo, Nb, Tiが影響を与える。G1, G2の値が-1(%)未満であると、図5に示すようにワイヤロープのオーステナイト相の量が40%未満になり、図6に示すようにワイヤロープの製品の引張強度が1500N/mm²未満になる。また、G1, G2の値が2(%)超であると、図5に示すように、ワイヤロープ中のオーステナイト相の量が70%以上になり、単相組織に近づくため結晶粒の粗大化が起こり、伸線加工後の横断面方向の平均結晶粒を5μm以下にすることができず、耐疲労性が低下する。そのため、G1, G2の値を

-1~2(%)に限定した。

【0018】Cはワイヤロープの引張強さを確保、またはオーステナイト相を得るため添加するが、0.12%を超えて添加すると粗大な粒界炭化物を生成し、耐食性を劣化させるばかりか、耐疲労性も低下する。そのため、上限を0.12%に限定した。Siは脱酸のために必要な元素であるため、0.1%以上添加する。しかし、1.5%を超えて添加してもその効果は飽和するばかりか反対に靱性および耐疲労性を低下させるため、上限を1.0%に限定した。

【0019】Mnは脱酸、鋼中のSを固定するため0.1%以上添加する。しかし、1.5%を超えて添加するとその効果は飽和するため、上限を1.5%に限定した。Pは粒界偏析元素であり、ワイヤロープの特性および製造性を悪くすることから0.03%以下に限定した。

【0020】Sは粒界偏析元素であり、ワイヤロープの特性および製造性を悪くすることから0.01%以下に限定した。Niはオーステナイト相を40%以上得る有効な元素であるため3.5%以上添加する。しかし、8.0%を超えて添加するとG1, G2の値が大きくなり、オーステナイト相が70%超となり、耐疲労性が低下する。そのため、上限を7.0%に限定した。

【0021】Crは耐錆性を向上し、フェライト相を得る有効な元素であるため、20.0%以上添加する。しかし、28.0%を超えて添加するとG1, G2の値が小さくなり、オーステナイト相が40%未満になり、耐疲労性が低下する。そのため、上限を28.0%にした。Moは耐食性を高め、また、強度を高めるのに有効な元素であるため0.1%以上添加する。しかし、3.0%を超えて添加してもその効果は飽和するし、G1, G2の値が小さくなり、オーステナイト相が40%未満になる。そのため、上限を3.0%にした。

【0022】Nは伸線加工時の延性低下を抑えて、高強度化を図るのと、オーステナイト相とフェライト相の耐力比を増大させ、耐疲労性を向上させるのに最も有効な元素であるため、0.10%以上を添加する。しかし、0.30%を超えて添加すると製造時にブローホールが発生するばかりか、粒界の窒化物が発生し、耐疲労性を低下させることから、上限を0.30%に限定した。Nb, Tiは第3の硬質相である炭窒化物の析出効果により強度および耐疲労性を高めるのに有効な元素であるため、必要によっては0.05%以上添加する。しかし、添加し過ぎるとその効果は飽和するし、靱性を損ない、耐疲労性を低下させる。そのため、上限をそれぞれ、0.5%に限定した。

【0023】

【実施例】以下に本発明の実施例について説明する。表1に試験した材料の成分を示す。また、表2、表3、表4に実施例の製造条件および評価結果を示す。これらの

実施例は、通常のステンレス鋼線材の製造工程で、溶製、熱間線材圧延した。その後、表2の実施例No. 1～No. 27は、供試鋼A～Z、AAの各線材を60%の減面率で伸線加工を施し、続いてストランド焼鈍炉にて1050℃の温度で5分間の連続焼鈍を施した。その後、85%の減面率で伸線加工を施し、続いて、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を施した。その後、ワイヤロープの特性として、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性を評価し、成分の影響を調査した。

【0024】また、表3、表4の実施例No. 28～No. 43は、供試鋼Aの線材圧延材を30～80%の減面率で伸線加工を施し、続いて焼鈍炉にて900℃～1200℃の温度範囲で5分間の連続焼鈍を施した。その後、減面率で60%～98%の伸線加工を施し、ストランディングおよびクロージングの撚り線加工を行い、その後、必要に応じて500℃以下で時効処理を行った。その後、ワイヤロープの特性として、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性を評価し、各工程の製造条件の影響を調査した。

【0025】横断面方向の結晶粒径およびオーステナイト相の比率の測定は、最初にJIS G 0571によりエッチを行い、続いて30gのフェシリアン化カリウム、30gの水酸化カリウムと100mlの水の加熱した混合液で浸漬エッチを行い、フェライト相に着色し、その後、倍率が1000倍で20視野の平均粒径およびオーステナイト相の面積比率を画像解析により求めた。本発明のワイヤロープの横断面方向の平均結晶粒径は5μm以下であり、オーステナイト相の比率は40～70%であった。

【0026】引張試験はJIS Z 2241により製品のワイヤロープの引張強さを測定した。本発明例のワイヤロープの引張強さは1500N/mm²以上であった。高炭素鋼ワイヤロープの引張強さは1700N/mm²であった。

【0027】耐疲労性試験はS字曲げ疲労試験機を用い、1ロープピッチ当たりの最外層素線の断線数が、側ストランド構成総素線数の10%に達したところで試験を終了し、この時の繰返し曲げ回数を耐疲労性の指標とした。本発明例のワイヤロープの耐疲労性は高炭素鋼並であった。

【0028】耐食性は濃度が3%のNaCl溶液を30℃でワイヤロープに噴霧し、赤錆が発生するまでの時間を測定した。但し、1000h試験しても赤錆が発生しないものについては1000時間で試験を止めた。本発明例のワイヤロープは800時間以上でも錆びず、520h以上で赤錆が発生したSUS 304以上であった。

【0029】最初に、ワイヤロープの特性として、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性に及ぼす成分の影響を述べる。

No. 1～No. 3は供試鋼A～Cの0.5Si-1.0Mn-5.8Ni-23.8Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分としてオーステナイト生成元素であるC量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。供試鋼A、Bにおいて本発明の効果が確認できる。比較例No. 3はC量が高いため、耐疲労性に劣る。

10 【0030】No. 1, No. 4, No. 5は供試鋼A, D, Eの0.02C-Si-1.0Mn-5.8Ni-23.8Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分として脱酸元素であるSi量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。供試鋼A, Dにおいて本発明の効果が確認できる。比較例No. 5はSi量が高く、耐疲労性に劣る。

20 【0031】No. 1, No. 6～No. 8は供試鋼A, F～Hの0.02C-0.5Si-1.0Mn-23.8Cr-1.2Mo-0.14Nを基本成分としてオーステナイト生成元素であるNi量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。供試鋼A, Fにおいて本発明の効果が確認できる。比較例No. 7はNi量が高く、G1の値が低いため、オーステナイト相の比率が低く、引張強度に劣る。比較例No. 8はNi量が高く、G1の値が高いため、オーステナイト相の比率が高く、横断面方向の平均結晶粒径が大きく、耐疲労性に劣る。

30 【0032】No. 1, No. 9～No. 12は供試鋼A, G～Jの0.02C-0.5Si-1.0Mn-5.8Ni-1.2Mo-0.14Nを基本成分としてフェライト生成元素であるCr量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。供試鋼A, I, Jにおいて本発明の効果が確認できる。比較例No. 11はCr量が低く、G1の値が高いため、オーステナイト相の比率が高く、横断面方向の平均結晶粒径が大きく、耐疲労性に劣る。比較例No. 12はCr量が高く、G1の値が低いため、オーステナイト相の比率が低く、引張強さに劣る。

40 【0033】No. 16～No. 20は供試鋼A, M～Oの0.02C-0.5Si-1.0Mn-23Crを基本成分としてオーステナイト生成元素であるN量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものであ

る。供試鋼R、Sにおいて本発明の効果が確認できる。比較例No. 16, 17は従来の2相のステンレスワイヤロープの成分であり、N量が低く、添加されていないため、引張強さに劣る。比較例No. 20はN量が高いため、窒化物およびブローホール生成のため、耐疲労性に劣る。

【0034】No. 1, No. 21~No. 25は供試鋼A、S~Wの0.02C-0.5Si-1.0Mn-5.8Ni-23Cr-0.14Nを基本成分として結晶粒微細化を促進させるTi量(%)およびNb量(%)を変化させて、各元素の横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。供試鋼U、V、Wにおいて本発明の効果が確認できる。特にTi量(%)を0.05~0.5%添加した供試鋼U、Vと、Nb量(%)を0.05~0.5(%)添加した供試鋼U、Wにおいては無添加の供試鋼Aより高強度・高耐疲労性を示し、本発明の効果が著しい。比較例No. 24, 25はTi量、Nb量が高過ぎるため、耐疲労性に劣る。

【0035】No. 1, No. 26, No. 27は供試鋼A、W、Z、AAの0.02C-0.5Si-1.0Mn-5.8Ni-23Cr-0.14Nまたは0.02C-0.5Si-1.0Mn-5.8Ni-23Cr-0.14N-0.3Nbを基本成分として介在物のサイズに影響を及ぼすAl量(%)およびCa量(%)を添加して、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。Al量(%)を0.01%以下に抑えて、Ca量(%)を0.002% 30 添加した供試鋼Z、AAにおいては無添加の供試鋼A、Wより高耐疲労性を示し、本発明の効果が著しい。

【0036】No. 28は供試鋼ABのSUS304、No. 29は供試鋼ACの高炭素鋼のワイヤロープの特性を評価したものである。SUS304の比較例No. 28は耐疲労性に劣り、高炭素鋼のワイヤロープの比較例No. 29は耐食性に劣る。

【0037】次に、供試鋼Aのワイヤロープの特性として、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性に及ぼす各工程の製造 40

条件の影響を述べる。No. 30~32は1回目の伸線加工率を30%~80%まで変化させて、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相とフェライト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。本発明例30, 32において本発明の効果が確認できる。比較例No. 30は1回目の伸線加工率が低いため、その後の熱処理で結晶粒径が十分に微細にならず、耐疲労性に劣る。

【0038】No. 33~No. 36は熱処理温度を900℃~1200℃まで変化させて、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。本発明例32, 33において本発明の効果が確認できる。比較例No. 33は熱処理温度が低いため、σ相が析出し、耐疲労性に劣る。比較例No. 36は1回目の熱処理温度が高いため、オーステナイト粒径が粗大化し、耐疲労性に劣る。

【0039】No. 37~No. 41は2回目の伸線加工率を60%~98%まで変化させて、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。本発明例No. 39, No. 40において本発明の効果が確認できる。比較例No. 38は2回目の伸線加工率が低いため、引張強さに劣る。比較例No. 41は2回目の伸線加工率が高いため、靱性の低下により、耐疲労性に劣る。

【0040】No. 42~No. 45は2回目の伸線加工後の時効処理温度を500℃以下で変化させて、横断面方向の平均結晶粒径、オーステナイト相の比率、引張強さ、耐疲労性、耐食性への影響を調査し、本発明効果を確認したものである。本発明例No. 43, 44, 45において本発明の効果が著しく、引張強度が1700 N/mm² を超えており、高炭素鋼並の強度と耐疲労性を示す。本発明例No. 42は時効処理温度が低過ぎるため、強度および耐疲労性の向上が期待できない。本発明例No. 46は時効処理温度が高過ぎるため、耐疲労性の向上が期待できない。以上の実施例から分かるように本発明例の優位性が明らかである。

【0041】

【表1】

11

12

表1

記号	化学成分 (mass%)													備考
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Ca	N	Ti	Nb	
A	0.02	0.4	1.0	0.02	0.001	5.8	23.8	1.2	0.020	—	0.14	—	—	0.19
B	0.06	0.5	1.1	0.02	0.001	5.9	23.8	1.2	0.020	—	0.13	—	—	0.83
C	0.13*	0.5	0.9	0.02	0.001	5.7	23.9	1.3	0.020	—	0.13	—	—	1.95
D	0.03	1.0	0.9	0.02	0.001	5.7	23.7	1.3	0.020	—	0.13	—	—	-0.34
E	0.03	2.0*	0.9	0.02	0.001	5.6	23.8	1.2	0.020	—	0.14	—	—	-0.71
F	0.03	0.4	1.2	0.03	0.001	3.5	23.7	1.1	0.020	—	0.15	—	—	-0.81
G	0.02	0.4	1.0	0.02	0.001	2.0*	23.8	1.2	0.020	—	0.14	—	—	-2.36*
H	0.03	0.5	1.0	0.02	0.001	8.5*	23.8	1.2	0.020	—	0.14	—	—	2.14*
I	0.03	0.5	1.0	0.02	0.001	5.7	20.5	1.2	0.020	—	0.15	—	—	1.58
J	0.03	0.5	1.0	0.02	0.001	5.9	27.5	1.1	0.020	—	0.15	—	—	-0.85
K	0.02	0.4	1.1	0.02	0.001	5.8	19.0*	1.2	0.020	—	0.14	—	—	2.14*
L	0.03	0.4	1.1	0.02	0.001	5.7	29.0*	1.3	0.020	—	0.15	—	—	-1.57*
M	0.04	0.5	1.2	0.02	0.001	5.8	24.0	0.2	0.020	—	0.14	—	—	0.91
N	0.03	0.6	1.2	0.02	0.001	5.7	24.0	2.5	0.020	—	0.15	—	—	-0.13
O	0.02	0.6	1.0	0.03	0.001	5.8	24.0	3.5*	0.020	—	0.13	—	—	-1.13*
P	0.04	0.4	1.3	0.02	0.001	6.0	23.0	1.0	0.020	—	0.04*	—	—	-0.78
Q	0.03	0.4	1.3	0.02	0.001	7.0	23.0	0.8	0.020	—	0.02*	—	—	-0.63
R	0.03	0.5	1.1	0.02	0.001	5.8	23.0	1.2	0.020	—	0.15	—	—	0.88
S	0.02	0.5	1.1	0.02	0.001	4.0	22.8	1.2	0.020	—	0.25	—	—	1.55
T	0.01	0.6	1.0	0.02	0.001	3.1	23.0	1.2	0.020	—	0.32*	—	—	1.88
U	0.02	0.6	1.2	0.02	0.001	5.7	23.8	1.1	0.020	—	0.14	0.10	0.40	-0.02
V	0.03	0.5	1.2	0.02	0.001	5.8	23.7	1.1	0.020	—	0.14	0.40	—	0.29
W	0.03	0.5	1.2	0.02	0.001	5.9	23.6	1.1	0.020	—	0.14	—	0.20	0.56
X	0.03	0.4	1.2	0.02	0.001	6.0	23.8	1.3	0.020	—	0.14	0.70*	—	0.09
Y	0.02	0.5	1.1	0.02	0.001	6.0	23.7	1.2	0.020	—	0.14	—	0.80*	0.25
Z	0.02	0.5	1.1	0.02	0.002	5.8	23.9	1.2	0.001	0.002	0.14	—	—	0.12
AA	0.02	0.5	1.1	0.02	0.001	5.9	23.6	1.1	0.002	0.002	0.14	—	—	0.32
AB	0.03	0.5	0.8	0.02	0.002	8.0	18.2	0.2	0.020	—	0.03	—	—	—
AC	0.80	0.4	0.6	0.01	0.002	0.0	0.0	0.0	0.000	—	—	—	—	15.76
														SUS304 高炭素鋼

SUS304
高炭素鋼

* : 本発明範囲から外れているもの。
 ** : 従来の2相ステンレス鋼ワイヤロープ用

表2-1

No	区分	材料記号	ワイヤロープの特性				
			横断面の平均結晶粒径 (μm)	イースタイト相の比率(%)	引張強さ (N/mm^2)	耐疲労性 (回)	耐食性 (発錆時間:h)
1	本発明例	A	3.8	52	1570	33000	>1000
2	本発明例	B	3.4	68	1650	37000	800
3	比較例	C	3.1	69	1750	26000*	600
4	本発明例	D	3.2	47	1720	40000	>1000
5	比較例	E	3.1	43	1830	25000*	>1000
6	本発明例	F	3.5	42	1550	32000	>1000
7	比較例	G	5.1*	27*	1350	20000*	>1000
8	比較例	H	6.5*	72*	1720	15000*	>1000
9	本発明例	I	3.8	66	1600	33000	800
10	本発明例	J	4.2	42	1520	31000	>1000
11	比較例	K	5.2*	72*	1520	20000*	600
12	比較例	L	4.8	35	1480*	18000*	>1000
13	本発明例	M	4.2	59	1570	33000	>1000
14	本発明例	N	3.3	51	1600	34000	>1000
15	比較例	O	4.2	38	1490*	27000*	>1000
16	比較例	P	4.0	43	1400*	32000	>1000
17	比較例	Q	4.3	44	1330*	32000	>1000
18	本発明例	R	3.5	58	1600	35000	>1000
19	本発明例	S	3.2	66	1730	43000	>1000
20	比較例	T	3.5	69	1820	12000*	500
21	本発明例	U	2.0	51	1650	44000	>1000
22	本発明例	V	2.3	53	1640	40000	>1000
23	本発明例	W	2.1	56	1670	42000	>1000
24	比較例	X	1.8	51	1670	27000*	>1000
25	比較例	Y	1.8	51	1680	25000*	>1000
26	本発明例	Z	3.6	51	1580	36000	>1000

*: 本発明例題から外れているもの。

[0043]

* * [表3]

表2-2

No	区分	材料記号	ワイヤロープの特性				
			横断面の平均結晶粒径(μm)	イースタイト相の比率(%)	引張強さ(N/mm ²)	耐疲労性(回)	耐食性(発錆時間:h)
27	本発明例	AA	2.1	53	1660	40000	>1000
28	比較例	AB	10.0*	100*	1810	13000*	520
29	比較例	AC			1700	30000	5*

*: 本発明例題から外れているもの。

[0044]

[表4]

表3

No	区分	材料記号	1回目の伸線加工率 (%)	熱処理温度 (°C)	2回目の伸線加工率 (%)	時効処理温度 (°C)
30	比較例	A	30*	1050	85	—
31	本発明例	A	55	1050	85	—
32	本発明例	A	80	1050	85	—
33	比較例	A	60	900*	85	—
34	本発明例	A	60	1000	85	—
35	本発明例	A	60	1150	85	—
36	比較例	A	60	1200*	85	—
37	比較例	A	70	1050	80*	—
38	比較例	A	70	1050	70*	—
39	本発明例	A	70	1050	85	—
40	本発明例	A	70	1050	94	—
41	比較例	A	70	1050	98*	—
42	本発明例	A	70	1050	85	100°C*
43	本発明例	A	70	1050	85	250°C
44	本発明例	A	70	1050	94	300°C
45	本発明例	A	70	1050	88	350°C
46	本発明例	A	70	1050	85	500°C*

*：本発明範囲から外れているもの。

【0045】

* * 【表5】

表4

No	区分	材料記号	ワイヤロープの特性				
			横断面の平均結晶粒径 (μm)	伸線加工率 (%)	引張強さ (N/mm^2)	耐疲労性 (回)	耐食性 (試験時間: h)
30	比較例	A	7.5*	52	1550	16000*	>1000
31	本発明例	A	3.6	52	1560	36000	>1000
32	本発明例	A	3.1	52	1630	41000	>1000
33	比較例	A	3.5	67	1650	20000*	500
34	本発明例	A	3.1	56	1620	40000	>1000
35	本発明例	A	4.6	48	1540	32000	>1000
36	比較例	A	7.2*	39*	1480*	13000*	>1000
37	比較例	A	4.8	52	1320*	24000*	>1000
38	比較例	A	4.5	52	1420*	31000	>1000
39	本発明例	A	3.4	52	1600	38000	>1000
40	本発明例	A	2.6	52	1810	44000	>1000
41	比較例	A	2.4	52	1920	20000*	>1000
42	本発明例	A	3.4	52	1610	33000	>1000
43	本発明例	A	3.4	52	1760	40000	>1000
44	本発明例	A	2.8	52	1900	46000	>1000
45	本発明例	A	3.2	52	1820	40000	>1000
46	本発明例	A	3.5	52	1650	35000	>1000

*：本発明範囲から外れているもの。

【0046】

【発明の効果】本発明により耐疲労・耐食性に優れた高強度ステンレスワイヤロープを提供することが可能で、産業上有効な効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ワイヤロープの横断面方向の平均結晶粒径と耐疲労性の関係を示す図である。

【図2】伸線加工の減面率とワイヤロープの強度の関係を示す図である。

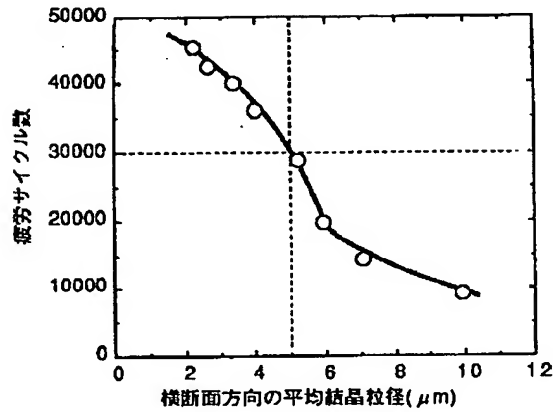
50 【図3】伸線加工の減面率と鋼線の引張破断絞りの関係

を示す図である。

【図4】伸線加工の減面率とワイヤロープの耐疲労性の関係を示す図である。

【図5】ワイヤロープのオーステナイト相の量とG1、*

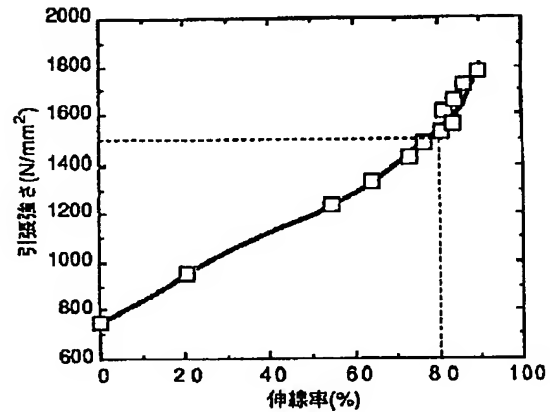
【図1】



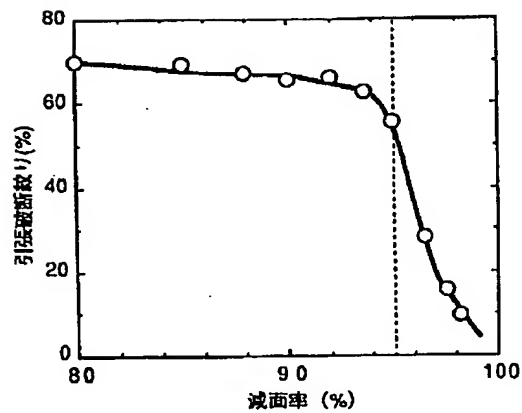
* G2の関係を示す図である。

【図6】G1、G2とワイヤロープの引張強さの関係を示す図である。

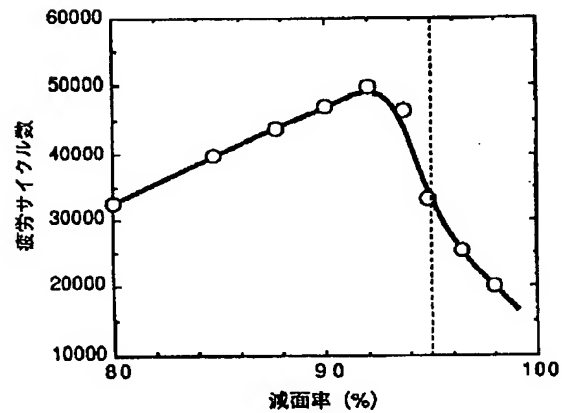
【図2】



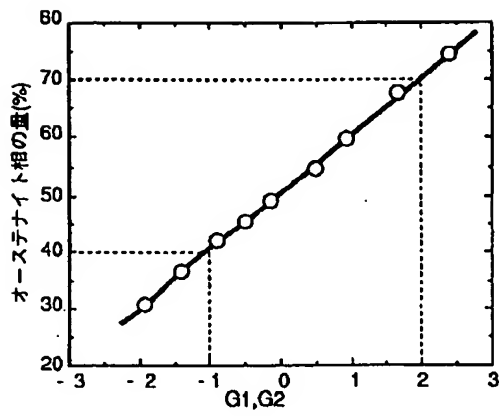
【図3】



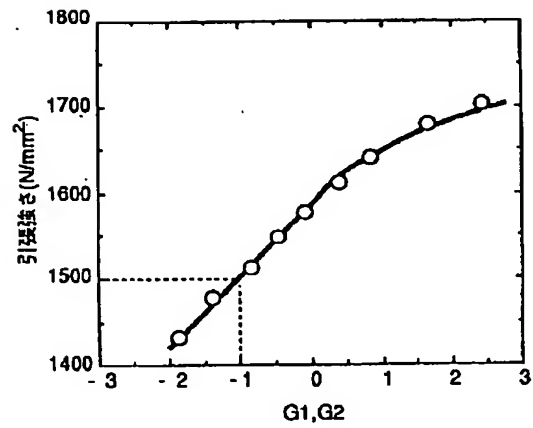
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 亘
 山口県光市大字島田3434番地 新日本製鐵
 株式会社光製鐵所内

(72)発明者 神田 康治
 茨城県新治郡出島村大字穴倉5707 東京製
 綱株式会社研究所内

(72)発明者 村上 卓也
 東京都中央区日本橋室町2丁目3番14号
 東京製綱株式会社内



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)